

中華民國第 54 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學科

080808

神「風」特攻隊－扇葉與風力發電實驗

學校名稱：澎湖縣馬公市中正國民小學

作者：	指導老師：
小六 陳吟珍	項志偉
小六 張育豪	杜雅鵬
小六 黃兆宇	
小五 陳芳琦	
小六 呂鎧均	

關鍵詞：扇葉、風力發電

神「風」特攻隊-扇葉與風力發電實驗

摘要

為了找出最具發電效益的扇葉形態，我們設計並實驗了扇葉長度的長短、扇葉數量、扇葉面對風力的角度、扇葉承軸厚度與扇葉材質，結果發現長度以扇葉 10cm 的效率最好、扇葉數量以 4 片扇葉的風扇效率最好、面風角度的扇葉以角度 20° 的效率最好、承軸厚度以 1.2cm 的承軸效率最好、材質以木片的效率最好。風力的發電量少，如果可以用電池儲存電力在適當時機一次拿出來使用應該會是最棒的應用方法。

壹、研究動機

由於現在的地球面臨著極端氣候及全球暖化的兩難，我們必須以其他節能、省電、且不會破壞環境的發電方式為主，而風力發電正巧是潔淨且無污染的自然能源。生活在海島-澎湖的我們，除了火力發電外，也運用了我們澎湖特有的特色-風能來進行風力發電，尤其是每年秋冬強烈的東北季風、夏季的西南風都是我們最好的風力來源。因此我們想在學校也可以為保護環境盡一小份心力，於是我們要動手試試看哪一種手製小型的扇葉可以有最多的發電量，配合澎湖季節的風力來發電，達到「事半功倍」的效果。

貳、研究目的

我們研究的目的就是找出能在長軸圓形發電機能發出最多電力的扇葉，運用生活中可得的材料和學校及家裡都可以取得的工具，設計一套能夠發電的裝置來探索扇葉、風和電力的關係。

依照我們對扇葉不同特性的討論結果，我們發現扇葉可能會對風力產生影響的因素包含了扇葉的長度、角度、數量、承軸厚度(重量)和材質。因此我們研究的問題如下：

- 一、扇葉長度的長短對長軸圓形發電機的影響。
- 二、扇葉數量的多少對長軸圓形發電機的影響。
- 三、扇葉面對風力的角度大小對長軸圓形發電機的影響。
- 四、扇葉承軸厚度的大小對長軸圓形發電機的影響。
- 五、扇葉材質對長軸圓形發電機的影響。

參、研究設備與器材



工具：鋸子、線鋸機、尺、鐵鎚、螺絲起子、老虎鉗、美工刀、筆、橡皮擦、長軸圓形發電機、三用電表。



材料：木板、塑膠瓦楞板、飲料塑膠片、珍珠板、白膠、木頭承軸。

肆、研究過程與方法

一、資料的研究

科展	我們的發現
「風」華再現	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 他們測量扇葉的長度、寬度、厚度、重量來測量電流 ❖ 使用冰棒棍當做扇葉材料，容易取得，但是冰棒棍的形狀、大小固定，比較難做出大幅度的變化來符合實驗的需要 ❖ 除了扇葉外，實驗「與軸心平行距離」、「風源距離」
風力發電之葉片設計及其應用	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 他們所設計的扇葉使用冰棒棍與珍珠版，珍珠版是橢圓形狀。 ❖ 實驗扇葉迎風角度、面積大小、形狀、數目對風力發電效率的影響。 ❖ 受風風扇離出風風扇距離過近，較難實際模擬出真實的風力。

	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 將電力應用到手機充電。
電風扇扇葉角度的秘密	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 他們要探討一般家用電風扇葉扇角度對輸出風力的影響， ❖ 這一個高中大哥哥的作品裡面有很多看不懂得符號， ❖ 但是它提供了我們風扇角度對發電量的影響。
風言風語	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 他們研究的是垂直的風力發電機，形狀和我們澎湖的風車不同，實驗的結果中有提到，垂直軸的風力發電機不受方向影響，更適合都市內的環境。 ❖ 他們的實驗對我們來說仍然有點難，比較多專業的名詞。

網路資源	我們的發現
暴走楊的科學網-風力發電機簡易製作方法	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 科學玩具的實驗是用距離來控制電力大小，目的是用比較遠的距離，接收到微弱的風力，讓 LED 燈可以亮起來當做評分的標準。 ❖ 他們使用長軸圓形發電機發電，可以提供穩定的發電來源。
從從 唐從聖 DIY 風力發電機-YouTube	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 利用寶特瓶方便取得的特性製作風車，發電機同樣是用長軸圓形發電機，但是加裝五個 LED 燈，只要風車轉動發電機就可以讓 LED 燈亮起來。 ❖ 他們自製的風力發電機雖然可方便取得扇葉，但我們無法在生活中輕易取得下方的 LED 板。
Mini Wind Turbine-YouTube	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 最接近我們理想中的風力發電機，影片中把電線和發電機安裝在水管，看起來很專業。 ❖ 影片中他測量的是電流，不是我們所測的電壓。 ❖ 影片的最後還裝上電池讓風扇轉動，剛好讓我們看到風力和電力可以互相轉換的關係。
0921315178 簡單型-DIY 垂直式風力發電機 Wind-driven generator	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 影片中的先生把天花板上的吊扇拆下來當做發電機。 ❖ 他的扇葉不是我們澎湖的風車樣式，是倒在地上的垂直型風扇，根據影片中的提示，垂直型風力發電的好處是可以接收不同方向的風力，比起我們常見的風車發電效益更好。 ❖ 需要自行再黏上強力磁鐵來增加發電效益，裝上強力磁鐵

-YouTube	<p>後，光靠手轉動發電機就可以有 20~30 伏特的電壓。</p> <p>❖ 很有參考價值，但是實作上很困難，過程中需要很多工具。</p>
----------	--

有了以上實驗和其他網路資源參考，我們確定了一些方向，所以我們把其他人實驗的經驗和想法加入我們實驗的設計。

二、實驗構想階段

(一) 扇葉材質的選擇

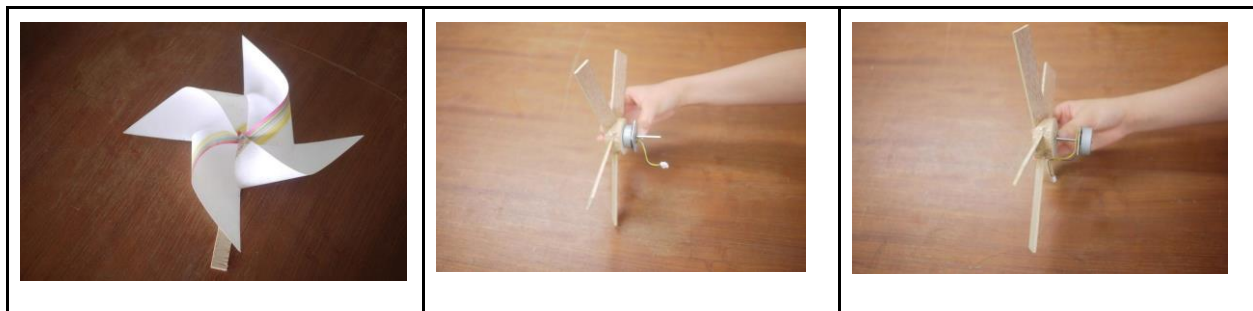
扇葉的選擇一開始我們使用文具行的紙類材質，後來把紙張放在風扇前面發現，紙張沒有辦法承受風力，而且紙張太脆弱，很容易就會被撕裂，製作一個紙製的風車也很花時間，需要把邊邊角角折得很緊密。接著我們考慮了冰棒棍，但是冰棒棍的形狀固定，長短也固定，比較不容易變化出我們想要的長度或形狀，參考了「[從從 唐從聖 DIY 風力發電機](#)」我們也覺得使用寶特瓶來當作扇葉可以試試看，實際測試之後發現寶特瓶的硬度不容易撐住風力，形狀也不容易固定有時候還會亂翹，而切開的保特瓶也不環保，我們需要很很多的飲料才能收集到我們想要的數量。

總和了以上對於扇葉的看法，我們決定用具有硬度且可以使用工具切割的材料，最後我們選擇了木片當做扇葉的材料。

(二) 固定承軸的選擇

承軸的選擇一開始我們用迴紋針固定紙類，但是會容易鬆脫且不容易固定，旋轉時容易晃動，後來我們用釘子將扇葉固定在木板上，但是紙與木板大量摩擦，所以我們將紙的選項去除。最後我們選擇使用木板，將木板刻成圓形狀，與發電機背對黏住。

但因黏性會減弱、不穩，所以我們在承軸木頭後面鑽了一顆洞插入發電機固定住。



(三) 發電機的選擇

發電機在我們的課本中有提到，如果要使用發電機發電，需要纏繞線圈，然後把磁鐵放置在線圈的兩端，接著旋轉線圈來產生電力，於是我們嘗試了纏繞線圈，但是後來因為磁鐵的磁力太弱，沒有辦法如我們想像一樣產出電力。

接著我們參考了 YouTube 影片「[簡單型-DIY 垂直式風力發電機](#)」，發現影片中的大叔使用吊扇的發電機當做發電的核心，抱著實驗的精神，我們在學校的倉庫向老師索取了一個壞掉吊扇和電風扇，像影片一樣拆解之後，發現要讓吊扇中央的軸心旋轉需要的力道要比風車旋轉的力道還大，而且我們一直找不到吊扇電力輸出的電線是哪兩條，就算旋轉了扇葉也測不到電力。



兩次失敗之後，我們想說如果風扇本身都有發電機，那裝在電腦機殼上的方形風扇是不是也有相同的裝置？於是我們又拔了一個廢棄電腦上的扇熱風扇來拆解，我們去除掉它方形的外殼，將它的電線接上三用電表，當我們用手旋轉扇葉就可以偵測到電力，雖然如此我們還是沒有辦法將我們自製的「風扇扇葉」裝到小小的發電機上，我們試著用雙面膠把扇葉粘上去，問題是雙面膠的黏度會一直降低，會影響實驗的正確性，而且黏上去的扇葉不能旋轉。

最後，我們在網站「暴走楊的科學網--風力發電機簡易製作方法」發現了他們的實驗發電機「圓形長軸發電機」，它的優點是發電機的另一端提供了軸心，可以把扇葉的軸心裝上去，因此我們最後決定使用「圓形長軸發電機」。



三、實驗計畫階段

(一) 扇葉的長度

這個實驗項目是第一個實驗，要測試扇葉的長度，根據實驗的原理，其他的變項要先固定，像是角度、數量、承軸厚度、材質都要先用固定的一種樣式，所以我們先使用的變項固定如下。

操作變項	控制變項	控制變項	控制變項	控制變項
長度	角度	數量	承軸厚度	材質
8 公分 10 公分 12 公分 14 公分 16 公分	30 度	3 葉	2.0 公分	木板

(二) 扇葉的數量

第二個實驗我們預計要實驗扇葉數量對發電量的影響，我們固定扇葉長度、角度、承軸厚度、材質，唯一變化的變項是扇葉數量。實驗前我們預估可能是三葉最快，因為現在世界上大部份的風力發電機都是三葉的設計。

控制變項	控制變項	操作變項	控制變項	控制變項
長度	角度	數量	承軸厚度	材質
8 公分	30 度	3 葉，間距 120 度 4 葉，間距 90 度 5 葉，間距 72 度 6 葉，間距 60 度	2.0 公分	木板

(三) 扇葉的角度

透過測量及統一扇葉的角度，進而測試不同角度可能會造成的影響，試試看風力是否會減弱或增強。因此，我們變換各種不一樣的角度，並測試風力能產生的電力大小。在這個階段我們假設角度應該是 30°，我們猜測角度太小扇葉會沒辦法受力，因為扇葉面對風力角度小，風力會反彈，所以 30° 應該最好的角度。

控制變項	操作變項	控制變項	控制變項	控制變項
長度	角度	數量	承軸厚度	材質
8 公分	15 度 20 度 25 度 30 度	3 葉	2.0 公分	木板

(四) 扇葉的承軸厚度

扇葉的承軸厚度如果過厚，有可能重量太重使轉速變慢，會產生的電壓會偏低，而承軸的厚度太薄，則無法支撐扇葉，製作上很困難。

控制變項	控制變項	控制變項	操作變項	控制變項
長度	角度	數量	承軸厚度	材質
10 公分	30 度	3 葉， 間距 120 度	1.0cm 1.2cm 1.4cm 1.6cm 1.8cm	木板

(五) 扇葉的材質

我們原本是選用木片，用用看不同的材質，像塑膠瓦楞板，輕便且有一定的厚度、硬度；厚紙板輕便，卻容易彎折；木板重量重，但有一定的厚度不易彎曲。

控制變項	控制變項	控制變項	控制變項	操作變項
長度	角度	數量	承軸厚度	材質
8 公分	15 度	3 葉， 間距 120 度	2.0 公分	厚紙板 塑膠瓦楞板 木板 珍珠板

四、研究環境



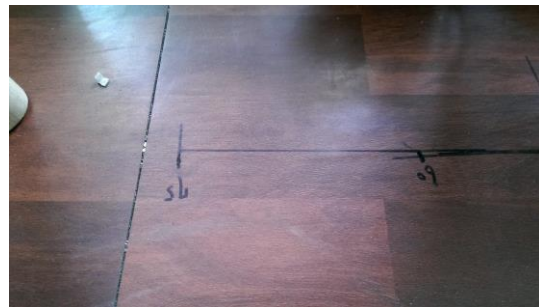
Step1-我們將送風風扇放置於距離自製風扇的 75 公分處



Step2-先將電風扇固定，確保以後的實驗環境都相同，所以畫線確定位置



Step3-畫出距離



Step4-標出長度到 75cm



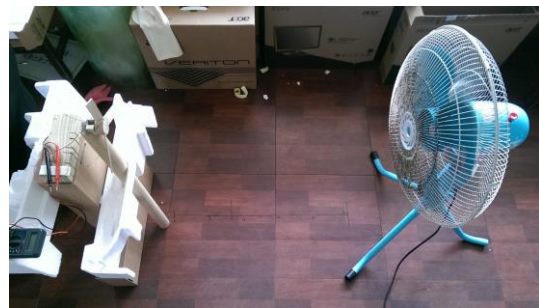
Step5-我們的自製風扇的底座是用保麗龍，及紙箱搭建而成的。



Step6-將扇葉裝好



Step7-實驗測試



Step8-實驗環境完成

五、承軸的製作

		
Step1-找出圓軸軸心	Step2-按圓心位置鑽孔	Step3-在承軸側面量角度
		
Step4-依照角度標記鋸縫隙	Step5-加寬縫隙寬度	Step6-將木片插入承軸黏緊

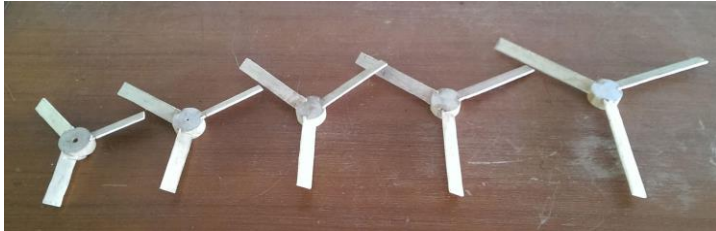
六、實驗前確認事項

1. 送風風扇的位置是否在事先劃好的框框當中。
2. 發電風扇與風力來源的距離是否保持在 75 公分。
3. 發電風扇的扇葉是否穩定的裝在發電機上。
4. 風力來源的大小風力依序先測量小、中、大風力。
5. 確認三用電表電線與長軸發電機是否鬆脫。

伍、研究結果

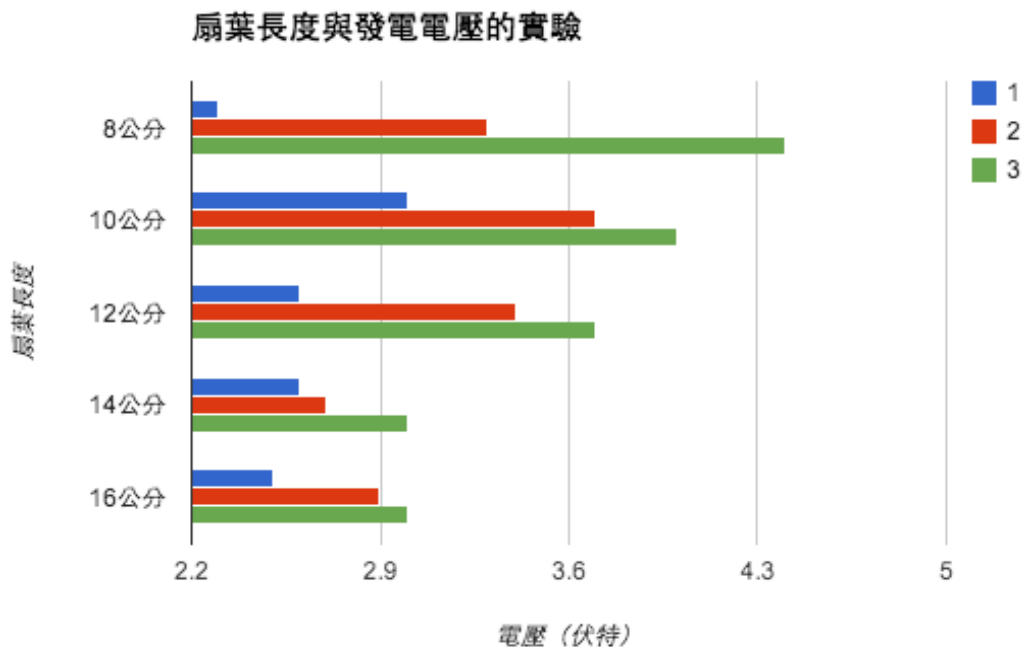
一、扇葉的長度與電壓實驗

實驗中的操控變因:扇葉長度(寬2公分、長度作變化)



實驗中的控制變因：扇葉數量(3 葉)，扇葉角度(30°)，承軸厚度(2cm)，扇葉材質(木片)

扇葉長度	1	2	3	實驗的觀察
8 公分	2.3	3.3	4.4	所測得的數據約有 $\pm 0.3V$ 的差距
10 公分	3.0	3.7	4.0	電壓數據相對穩定，電壓也較強
12 公分	2.6	3.4	3.7	
14 公分	2.6	2.7	3.0	電壓穩定，電壓跳動幅度很小
16 公分	2.5	2.9	3.0	電壓穩定，但電壓比較弱



實驗發現結果

原本預測風扇扇葉越長的所產生的電力較強，但後來發現：

1. 扇葉越長不一定轉速越快，產生越高的電壓，但電壓比較穩定，我們觀察到扇葉比較長(16公分)的實驗中，當電壓達到測量值之後，就不太會跳動，相反的也就是轉速穩定，所以輸出的電壓穩定。
2. 扇葉越短不一定轉速越慢，實驗中表現最好的扇葉反而是和我們預期相反的 8 公分和 10 公分。
3. 扇葉長度 8 公分和 10 公分的實驗數據相當接近，因為 8 公分在實驗的時候相當不穩定，電壓的差距會跳動到 0.5~0.6 伏特這麼多，為了避免實驗的誤差太大測量不準確，所以我們決定採用比較穩定的 10 公分當做接下來每一個實驗的扇葉長度。而且 10 公分扇葉所產出的電壓也比其他長扇葉多。

二、扇葉的數量與電壓實驗

實驗中的操縱變因：扇葉數量（扇葉數量是 3 葉、4 葉、5 葉、6 葉）

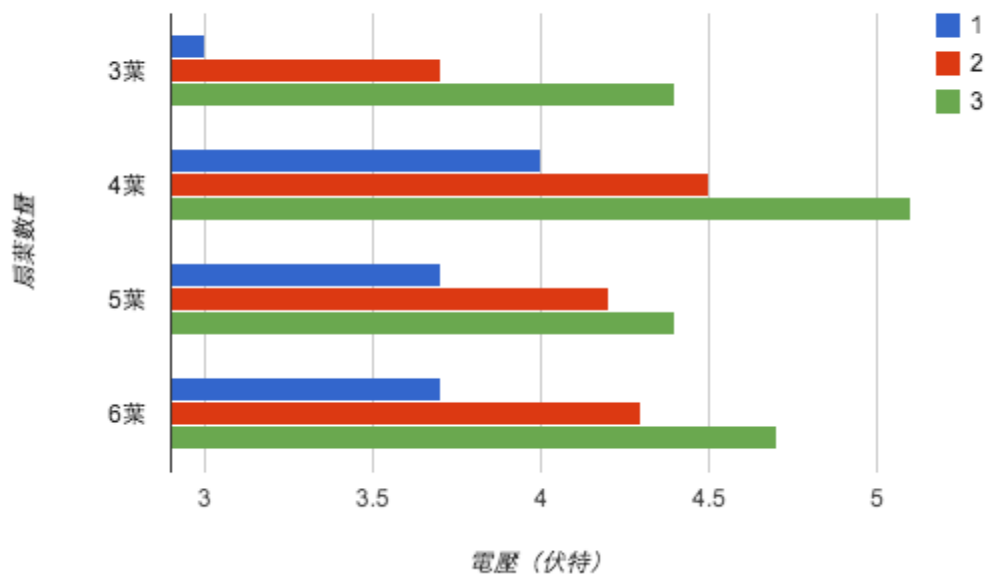


實驗中的控制變因：扇葉長度(10cm)，扇葉角度(30°)，承軸厚度(2cm)，扇葉材質(木片)

實驗預測：我們澎湖風力發電機的扇葉數量都是 3 葉，所以我們猜測 3 葉可以在固定的風力下比其他扇葉數量的設計發出更大的電壓。

扇葉數量	1	2	3	實驗的觀察
3 葉	3.0	3.7	4.4	數據跳動幅度較大
4 葉	4.0	4.5	5.1	電壓比較強
5 葉	3.7	4.2	4.4	
6 葉	3.7	4.3	4.7	

扇葉數量發電電壓的實驗



實驗發現結果

- 1.原本預測 3 葉可以在固定的風力下比其他扇葉數量的設計發出更大的電壓。
- 2.實驗結果發現扇葉越多不一定能發出高電壓的電力，但電壓會因為扇葉多而比較穩定，我們觀察的電壓會很長時間停留在固定的電壓；扇葉越少，雖然可以衝出比較高的電壓，但電壓不穩定，我們觀測到的電壓量會有大幅跳動，尤其是三葉跳動的情形最常見。4 葉扇葉的表現比較穩定同時，發電電壓也最高。
- 3.根據實驗的結果，我們猜想比較多葉的扇葉會不會因為扇葉數比較多重量比較重，所以轉動的速度因此變慢？所以葉片數量太多也是負擔。
- 4.這個實驗中 4 葉扇葉的數據表現最好，不但在各種風力下可以發出最大的電壓量，同時轉動的頻率也穩定，不會有差距很大的數據出現，所以接下來的實驗，我們決定採用 4 葉的扇葉當做接下來實驗的扇葉數量，和我們一開始設定的 3 葉風扇不同。

三、扇葉的角度與電力實驗

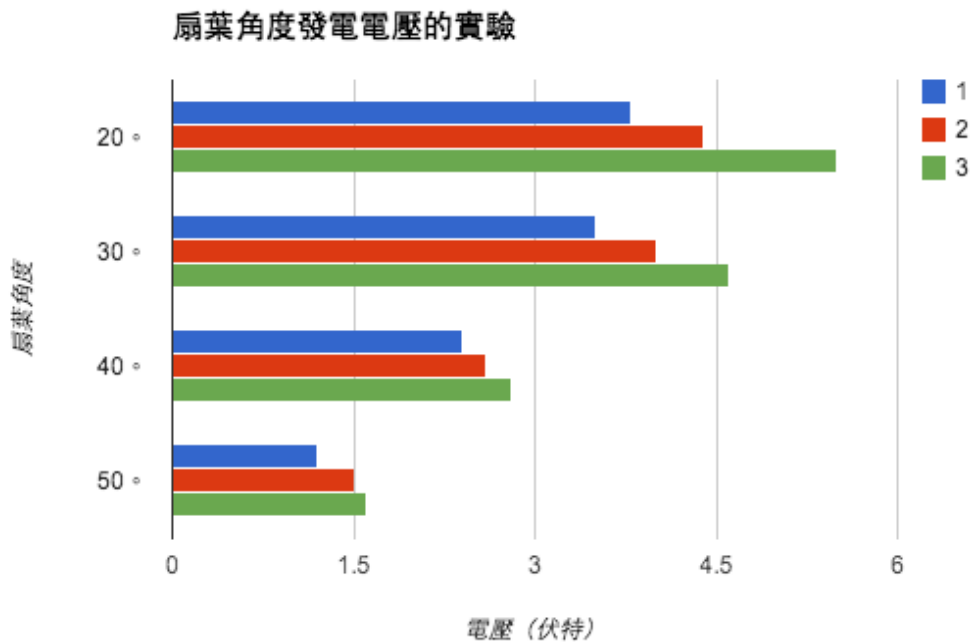
實驗中的操縱變因：扇葉角度(20°、30°、40°、50°)



實驗中的控制變因：扇葉長度(10cm)，扇葉數量(4 葉)，承軸厚度(2cm)，扇葉材質(木片)

實驗預測：我們預測 20° 的表現最好，因為我們覺得 20° 接收的風力可能比較大。

扇葉角度	1	2	3	實驗的觀察
20°	3.8	4.4	5.5	電壓表現最好
30°	3.5	4.0	4.6	
40°	2.4	2.6	2.8	
50°	1.2	1.5	1.6	電壓比較弱



實驗計畫中我們本來預設的角度 15° 、 20° 、 25° 、 30° ，但是我們實際要做輪軸的時候發現以下兩個問題：

- 20° 的輪軸已經很貼近邊緣，如果再把角度降低，木頭承軸邊緣很容易斷裂，製作上比較困難，因此 20° 以下的選項就決定不列入實驗的選項
- 5 度的距離太小，鋸子的寬度太大會有 1~2 度的誤差，因此我們加大角度的差距，把角度調整為 20° 、 30° 、 40° 、 50°

實驗發現結果

1. 實驗預測角度越小，受風面的面積比較大，可以發出比較多電力，實驗證明我們的預測沒錯。面對風力面的角度越小，接收到的風力越大，發出電力的電壓越強。
2. 面對風力面的角度越大，接收到的風力越小，發出電力的電壓越弱。依據實驗數據 30° 、 40° 、 50° 的發出電壓的差距有點大，尤其是 30° 、 50° 的數據差距接近 3 倍，因此面對風力的角度差距越大越接不到風。
3. 20° 、 30° 之間的差距就比較小，我們猜測再小於 20° 的角度實驗結果一定會更棒，上升的差距有可能會更小。

四、扇葉的承軸厚度對電的影響實驗

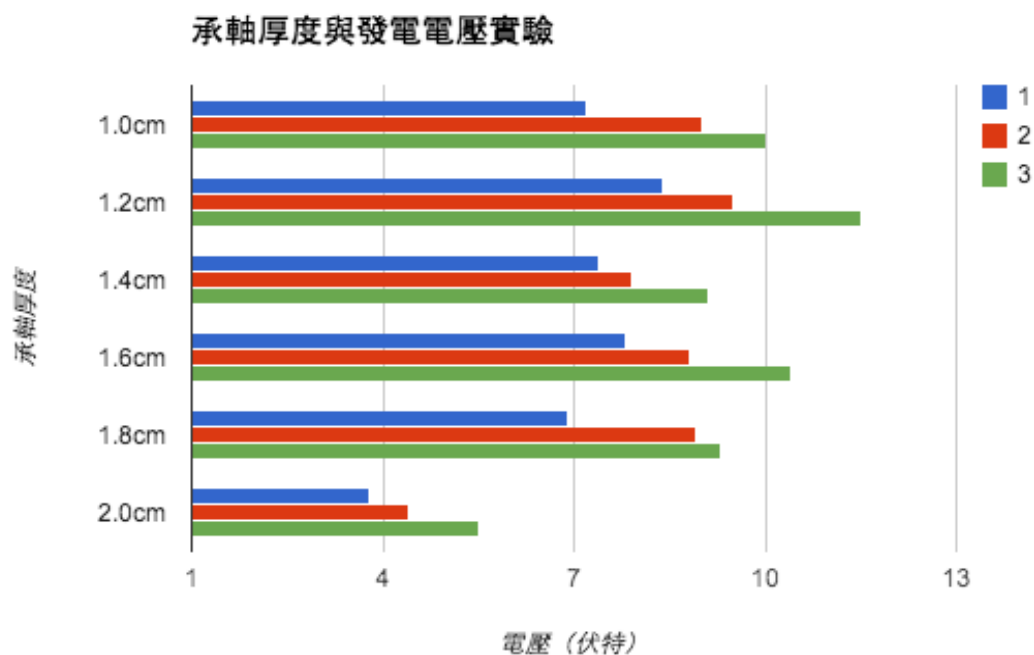
實驗中的操縱變因：扇葉承軸厚度(1.0cm、1.2cm、1.4cm、1.6cm、1.8cm、2.0cm)



實驗中的控制變因：扇葉長度(10cm)，扇葉數量(4 葉)，扇葉角度(20°)，扇葉材質(木片)

實驗預測：我們猜測扇葉重量也是影響的原因，越輕可能轉速越快，因為扇葉數量已經固定所以扇葉的重量同樣固定，所以會影響整個風車重量的只剩下承軸的重量，因此我們猜測承軸厚度越小重量越輕，轉速會越快電壓也會比較高。

承軸厚度	1	2	3	實驗的觀察
1.0cm	7.2	9.0	10	
1.2cm	8.4	9.5	11.5	電壓最強
1.4cm	7.4	7.9	9.1	不明原因電壓較弱
1.6cm	7.8	8.8	10.4	
1.8cm	6.9	8.9	9.3	
2.0cm	3.8	4.4	5.5	

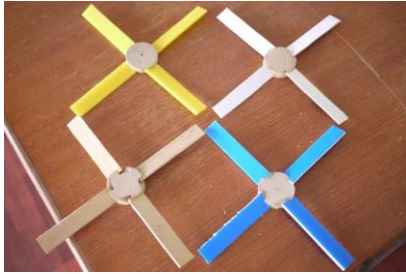


實驗發現結果

1. 實驗預測 1cm 的承軸最快發最多電，但是實驗結果是 1.2cm 的承軸的電壓最大，我們在想是不是仍需要一定的重量，最輕的承軸不一定擁有最快的轉速和發出最大的電壓。
2. 數據的結果 1.2cm 轉速最快、發出電壓最大，其次是 1cm 和 1.6cm，所以我們猜測 1.2cm 應該是最剛好的厚度。

五、扇葉的材質度與電力實驗

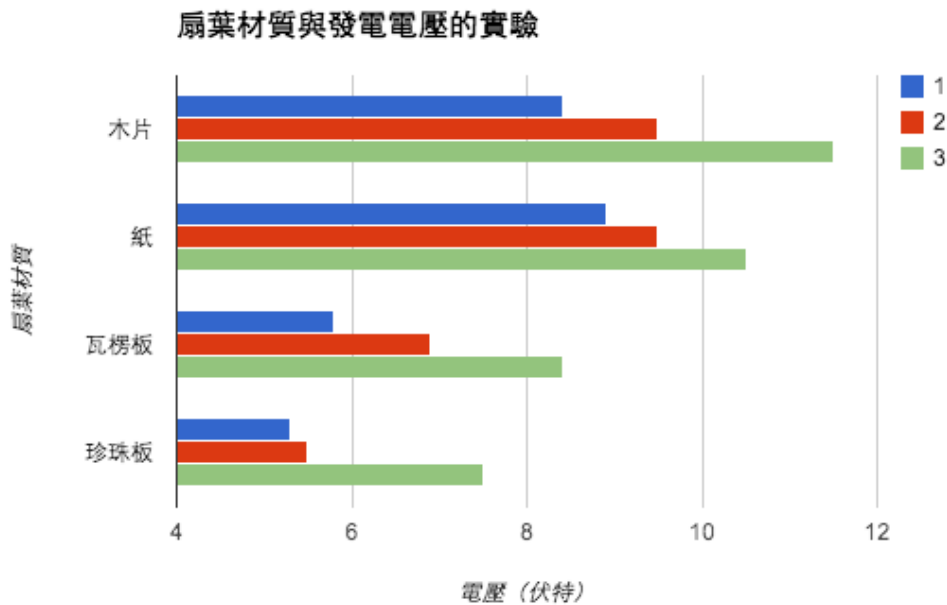
實驗中的操縱變因：扇葉材質(紙、珍珠板、瓦楞板、木片)



實驗中的控制變應：扇葉長度(10cm)，扇葉數量(4 葉)，扇葉角度(20°)，承軸厚度(1.2cm)

實驗預測：我們在想材質的硬度可能是影響轉速和電量的關鍵，因為硬度足夠的扇葉才能接住風力，其他所選材質雖然都容易取得，但是在風力直接推動下，還是會有些微的彎曲，可能因此接收不到完整的風力。

扇葉材質	1	2	3	實驗的觀察
木片	8.4	9.5	11.5	
紙	8.9	9.5	10.5	電壓比較強，但扇葉容易彎曲變形
瓦楞板	5.8	6.9	8.4	
珍珠板	5.3	5.5	7.5	電壓比較弱



實驗發現結果

1. 與實驗預測相同，木片扇葉在實驗中的數據表現最好，珍珠板材質軟，數據表現最差。
2. 在實驗中我們觀察風扇的側面，發現轉動時，扇葉會微微的往風力方向彎曲，因此扇葉材質如果不夠堅硬，會影響承接風力的大小，進一步影響轉度速度和發電電壓。

陸、討論

1.扇葉長度的實驗

- 扇葉越長不一定轉速越快，產生越高的電壓，但電壓比較穩定，我們觀察到扇葉比較長(16cm)的實驗中，當電壓達到測量值之後，就不太會跳動，相反的也就是轉速穩定，所以輸出的電壓穩定。
- 扇葉越短不一定轉速越慢，實驗中表現最好的扇葉反而是和我們預期相反的 8cm 和 10cm。
- 在我們的實驗中同樣風力下扇葉 10cm 的發出電壓最高。

2.扇葉數量的實驗

- 實驗結果發現扇葉越多不一定能發出高電壓的電力，但電壓會因為扇葉多而比較穩定，我們觀察的電壓會很長時間停留在固定的電壓；扇葉越少，雖然可以衝出比較高的電壓，但電壓不穩定，我們觀測到的電壓量會有大幅跳動，尤其是 3 葉跳動的情形最常見。4 葉扇葉的表現比較穩定同時，發電電壓也最高。
- 在我們的實驗中同樣風力下 4 片扇葉的風扇的發出電壓最高。

3.扇葉角度的實驗

- 面對風力面的角度越大，接收到的風力越小，發出電力的電壓越弱。依據實驗數據 30° 、 40° 、 50° 的發出電壓的差距有點大，尤其是 30° 、 50° 的數據差距接近 3 倍，因此面對風力的角度越大越接不到風。
- 在我們的實驗中同樣風力下扇葉的角度 20° 的發出電壓最高

4.扇葉承軸厚度的實驗

- 實驗預測 1cm 的承軸最快發最多電，但是實驗結果是 1.2cm 的承軸的電壓最大，我們在想是不是仍需要一定的重量，最輕的承軸不一定擁有最快的轉速和發出最大的電壓。
- 在我們的實驗中同樣風力下 1.2cm 的承軸發出電壓最高

5.扇葉材質的實驗

- 木片扇葉在實驗中的數據表現最好，珍珠板材質軟，數據表現最差。在實

驗中我們觀察風扇的側面，發現轉動時，扇葉會微微的往風力方向彎曲，因此扇葉材質如果不夠堅硬，會影響承接風力的大小，進一步影響轉度速度和發電電壓。

- 在我們的實驗中同樣風力下木片材質發出電壓最高

柒、結論

1. 我們的實驗結論

- 長度以扇葉 10cm 的效率最好
- 扇葉數量以 4 片扇葉的風扇效率最好
- 面風角度的扇葉以角度 20° 的效率最好
- 承軸厚度以 1.2cm 的承軸效率最好
- 材質以木片的效率最好

2. 未來可以研究方向

- 其實還有一些研究的方向來不及在這次實驗中完成，像是「扇葉的寬度」、「扇葉的流線設計」、「扇葉的形狀」等方向。
 - 風力的發電量少，如果可以用電池儲存電力在適當時機一次拿出來使用應該會是最棒的應用方法。

捌、參考資料與其他

- 羅國榮（無日期）。風能教育知識網。取自 <http://windenergy.cycu.edu.tw/>
- 余秀琴（2000）。風能原理應用網-風能原理應用。取自 http://www.solar-i.com/solt-Yu/energy%20website/_html/teach_web/intro/intro.html

【評語】 080808

1. 作品的主題能與地方特色及課程結合，作品的內容符合科學的方法，值得鼓勵。
2. 作品已經做了過去相似案例的探討與比較，宜可以思考改變控制變因進行進一步推展，並宜將相同控制變因的研究結果與過去相似案例之異同作比較。
3. 在分析實驗結果部分可進一步思考，例如千葉扇葉表現最好若歸因於扇葉多，重量變重，則不足以解釋其為何比三葉扇葉為佳。